

多重遭遇の実態分析とその減少方策に関する一考察

中国日本電気ソフトウェア 正会員○草村 浩司
鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行
鳥取大学大学院 学生員 近藤 一

1 本研究の背景と目的

2 船間の避航方法のみを定めた現行法規の下では、多重遭遇（3 隻以上の船舶が同時に見合い関係となる状況）時に航法上のディレンマに陥る事がある。これは多重遭遇時の操船難易度を航法の面からも検討する必要性を示唆している。

そこで、まず多重遭遇のパターンを航法上のディレンマに陥っているか否かにより分類した。次いで、交通実態観測調査結果を解析することにより幅狭海域における多重遭遇の発生状況をパターン別に把握し、発生頻度の高い水域を抽出した。抽出された水域における船舶の航行パターンと多重遭遇の頻度を関係づける簡単な確率モデルを作成し、航路条件、交通条件の変化が多重遭遇の発生頻度に及ぼす影響についても検討を加えた。

2 多重遭遇の定義と航跡データからの抽出法

地点 P で船舶 B が船舶 A に対し時間差 T_{AB} 以内で交差したとする。この時、

- (1) 地点 Q で船舶 C が船舶 A に対し時間差 T_{AC} で交差し、かつ、船舶 A の地点 P, Q 間の通過時間差が T^{PQ} 以内。
- (2) 船舶 C が、船舶 A とほぼ同方向の針路を取っていて船舶 A の避航動作の妨げとなる位置 D にいる。

のいずれかであれば、船舶 A は地点 P において多重遭遇を起こしたと定義する。

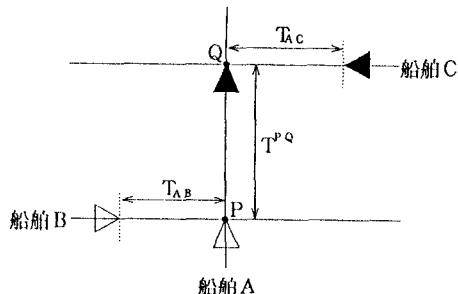


図1 多重遭遇

交差角などから 11 のパターンに分類し、抽出を以下の 3 段階に分けて行った。

1. 2 隻の船舶と交差する船舶の抽出。
2. 1 の中から通過時間、パターン別に多重遭遇を抽出。
3. 発生地点の図示。

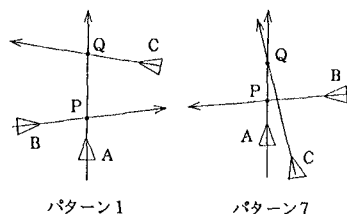


図2 多重遭遇のパターンの例

3 多重遭遇の発生確率

次に、航路条件と交通条件から多重遭遇の発生確率を推定するモデルを構築する。モデルを簡略化するため、以下の 4 つの仮定、

- ・船舶の単位時間当たりの発生数はポアソン分布に従う。
- ・船舶の航行位置は正規分布に従う。
- ・航路の中心線は直線で、船舶は中心線と平行に進む。
- ・同一ノードから発生する船舶の速度は一定とする。

を設けた時、着目する船舶 A が n 回の多重遭遇を起こす確率 $P_i(n)$ は、

$$P_i(n) = \sum_{\{l | \text{mod}(n, l) = 0\}} P_{AB}(l) \cdot P_{AC}(n/l) \times \int_A \int_B \int_{C(x_1, x_2)} P^A(x_1) P^B(x_2) P^C(x_3) dx_1 dx_2 dx_3 \quad (1)$$

で表せる。ここに $P_{Ai}(m)$ は船舶 A が m 隻の船舶 i と時間 T_{Ai} 以内に交差する確率、 $P^i(y)$ は船舶 i の航行位置分布であり、それぞれ (2), (3) 式で表せる。

$$P_{Ai}(m) = \frac{(2\nu_i T_{Ai})^m}{m!} \exp(-2\nu_i T_{Ai}) \quad (2)$$

$$P^i(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{y - \mu_i}{\sigma_i}\right)^2\right\} \quad (3)$$

これより着目船1隻あたりに期待される多重遭遇発生回数 N_t は次式で与えられる。

$$N_t = \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot P_t(n) \quad (4)$$

このように、多重遭遇の発生確率は各航路の船舶の発生時間間隔分布と航行位置分布によって表すことができ、このモデルを用いて、井桁航路の交通量や航路間の距離、船舶のばらつき方などが変化した場合の多重遭遇の発生確率を求めることができる。

4 事例分析の結果

川崎沖で観測された48時間分の航跡データを用い、2.の方法に沿って多重遭遇を抽出した。多重遭遇の発生水域を遭遇パターン別にみると、図3(a),(b)より数多く発生している水域は遭遇パターンにより必ずしも同じでない。

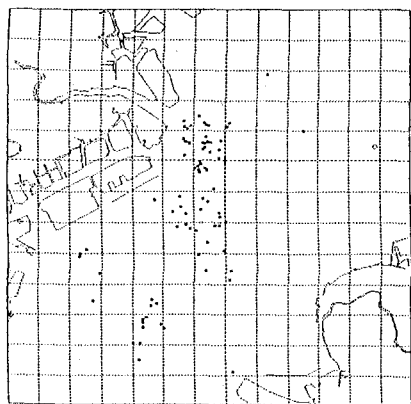


図3(a) 多重遭遇発生位置図(通過時間差5分, $\Delta\theta=71^\circ$)

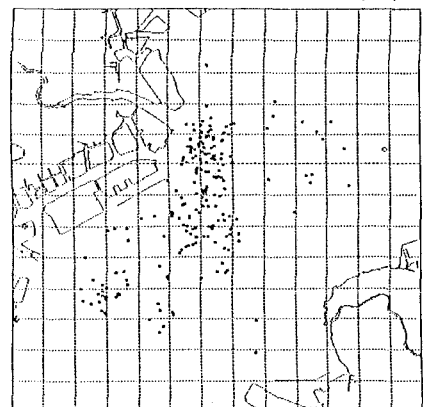


図3(b) 多重遭遇発生位置図(通過時間差5分, $\Delta\theta=77^\circ$)

多重遭遇の発生数は、対象となる船舶が他の2隻の船舶と交差したときの時間差には比例せず、その時間差が長い遭遇に比べ、短い遭遇ほど発生確率がより小さいという結果が得られている。

また、多重遭遇が比較的多く発生している水域を対象に、方向別交通量、航跡分布等を求め、3.のモデルを用いて発生回数を推定した。図4で示すとおり、推定値と観測値はほぼ良好な一致を示している。時間差が4～5分より短い多重遭遇については観測された回数がモデルによる推定値を下回っているが、これは避航による影響と解釈される。

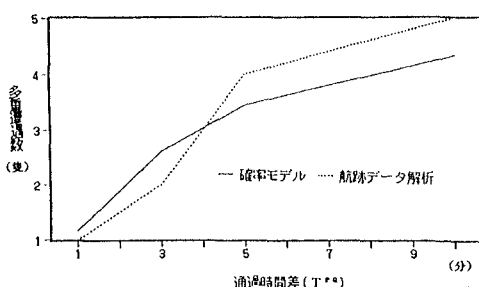


図4 多重遭遇発生数の推定値と観測値の比較
(他船との通過時間差3分, $\Delta\theta=71^\circ$)

5 航路幅と多重遭遇の発生確率

図1のような航路で航行位置分布の標準偏差を変化させたときの多重遭遇発生確率を求めた。図5より、交通量と同じであれば標準偏差が大きいほど多重遭遇の発生確率は低いという結果が得られる。これより、より航路幅を広げ、船舶交通をなるべく集中させないことが多重遭遇の発生を少なくするのに有効である。

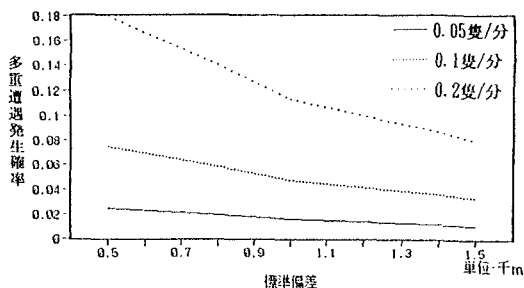


図5 多重遭遇発生確率
(通過時間差3分, 航路間距離1000m)

今後は、このモデルを発展させ、多重遭遇の発生を抑えるような航路ネットワークの検討を行う予定である。